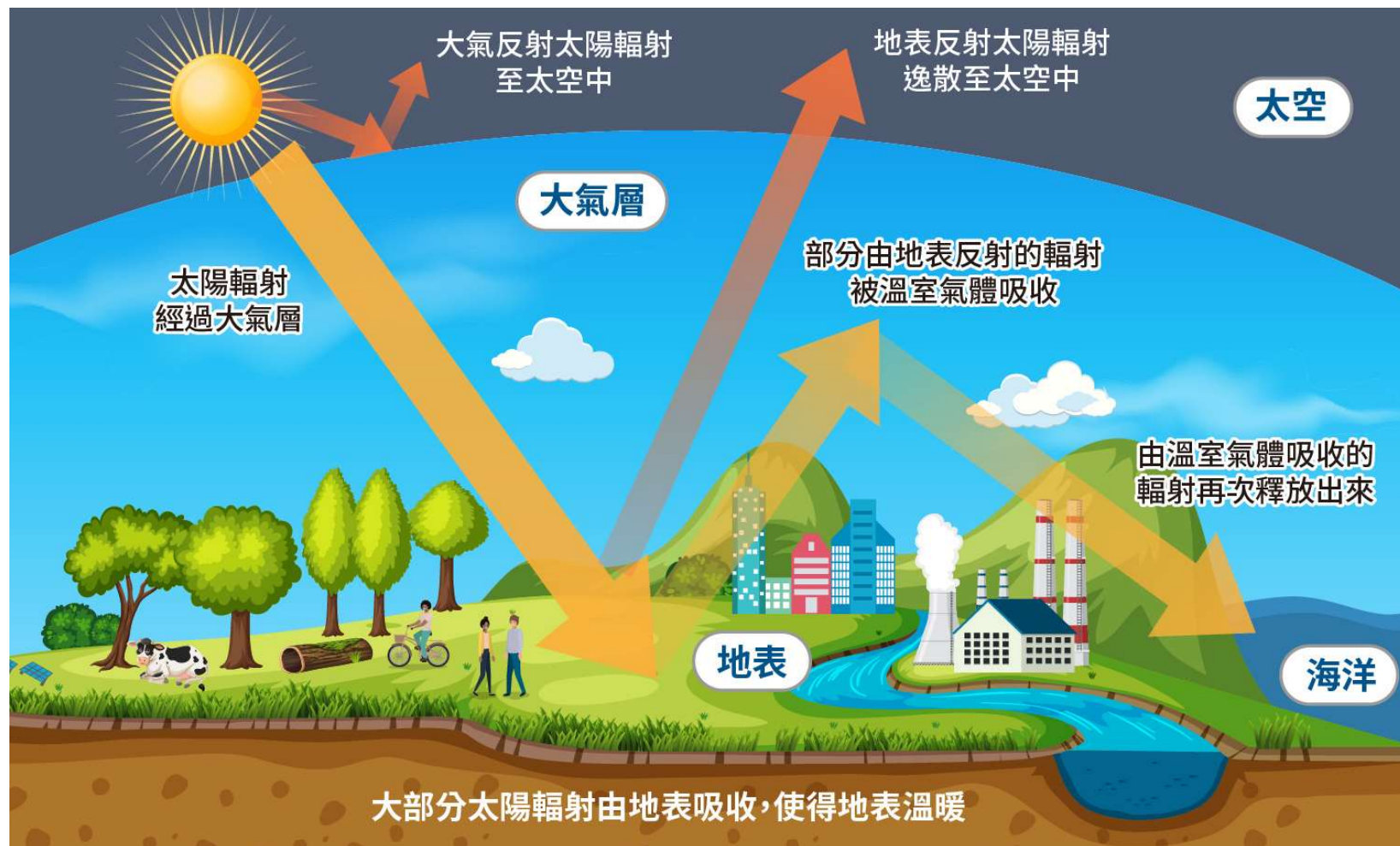


碳信用與碳中和的關聯性

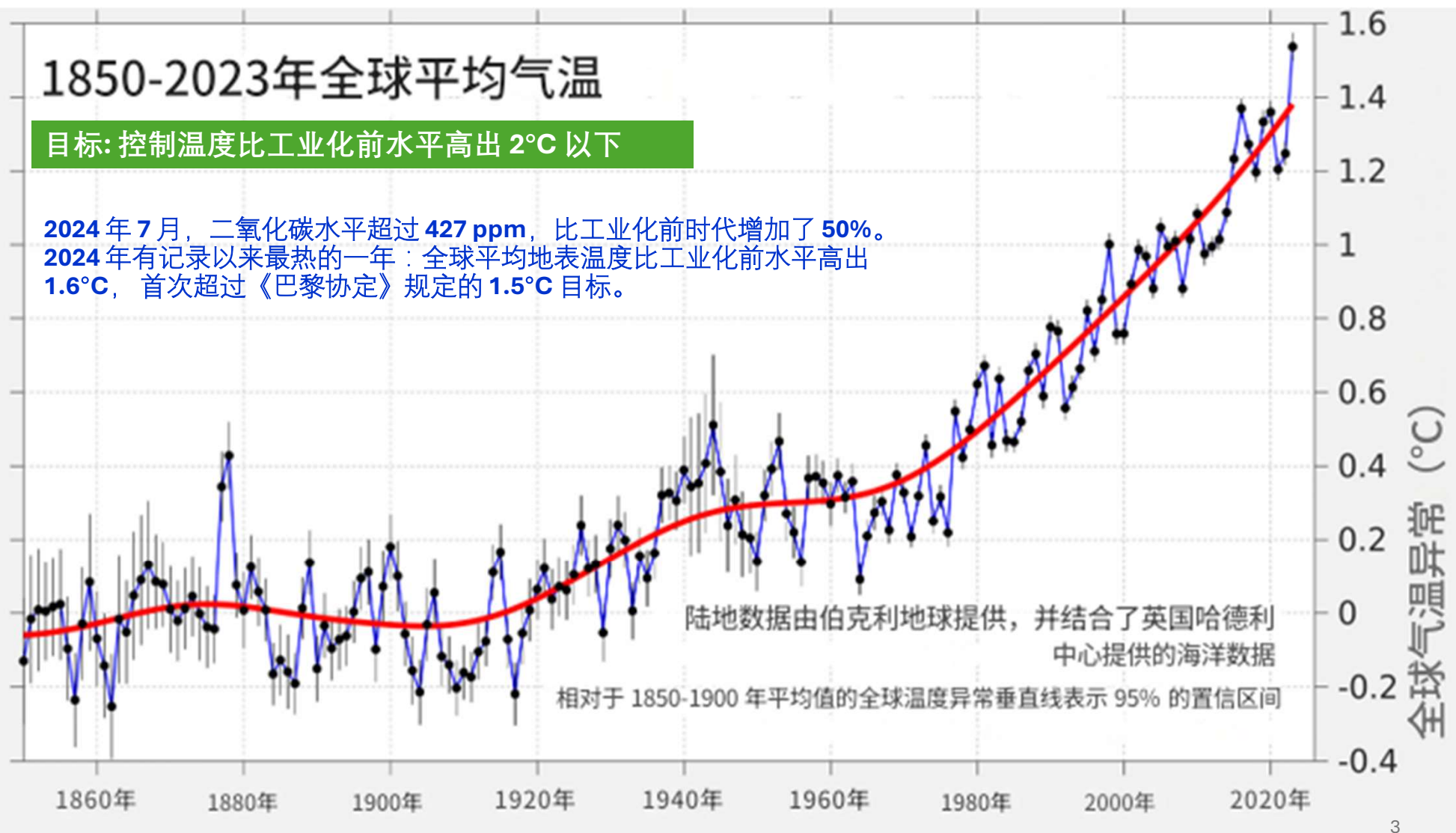
溫室氣體效應



1850-2023年全球平均气温

目标: 控制温度比工业化前水平高出 2°C 以下

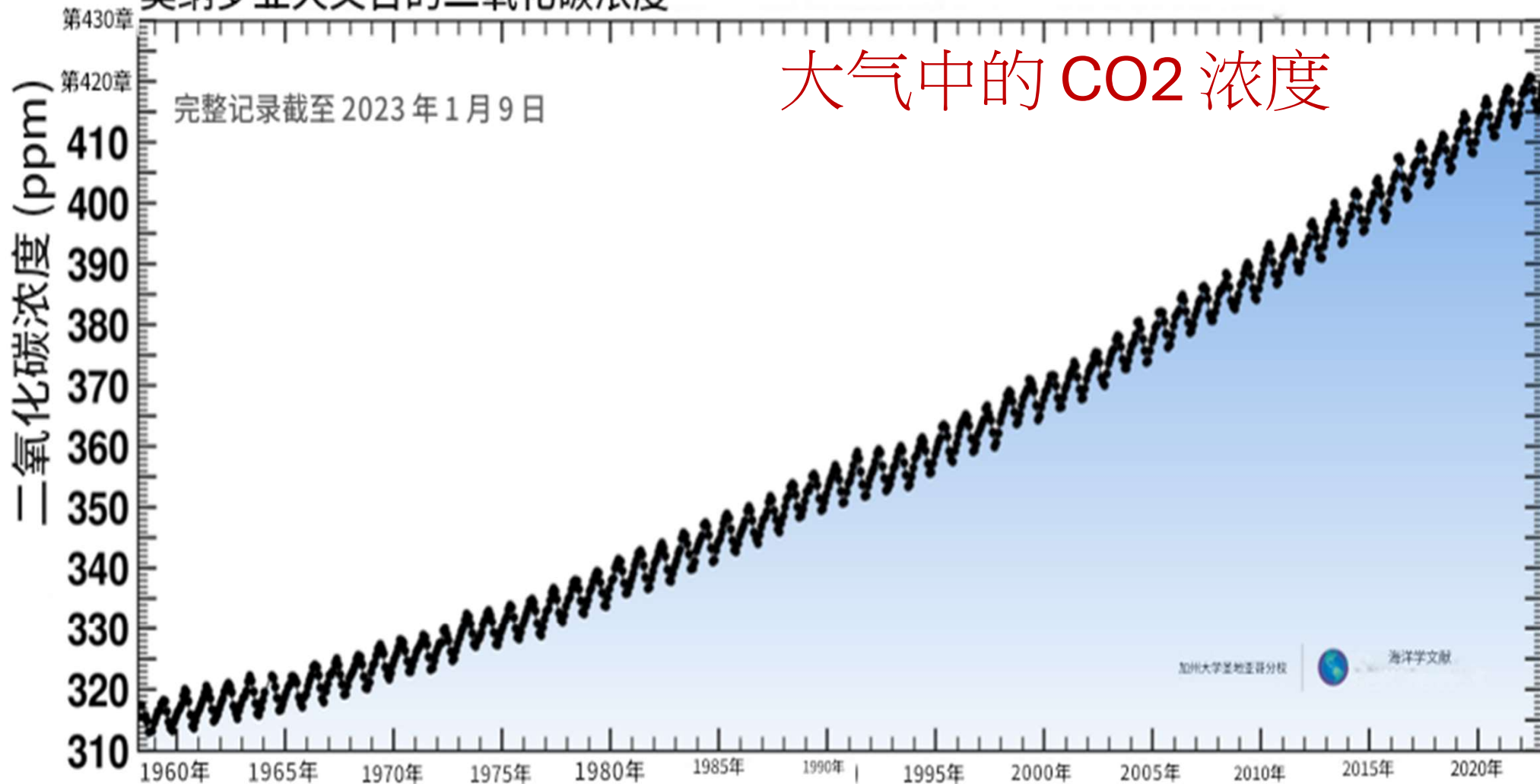
2024 年 7 月，二氧化碳水平超过 **427 ppm**，比工业化前时代增加了 **50%**。
2024 年有记录以来最热的一年：全球平均地表温度比工业化前水平高出 **1.6°C** ，首次超过《巴黎协定》规定的 **1.5°C** 目标。



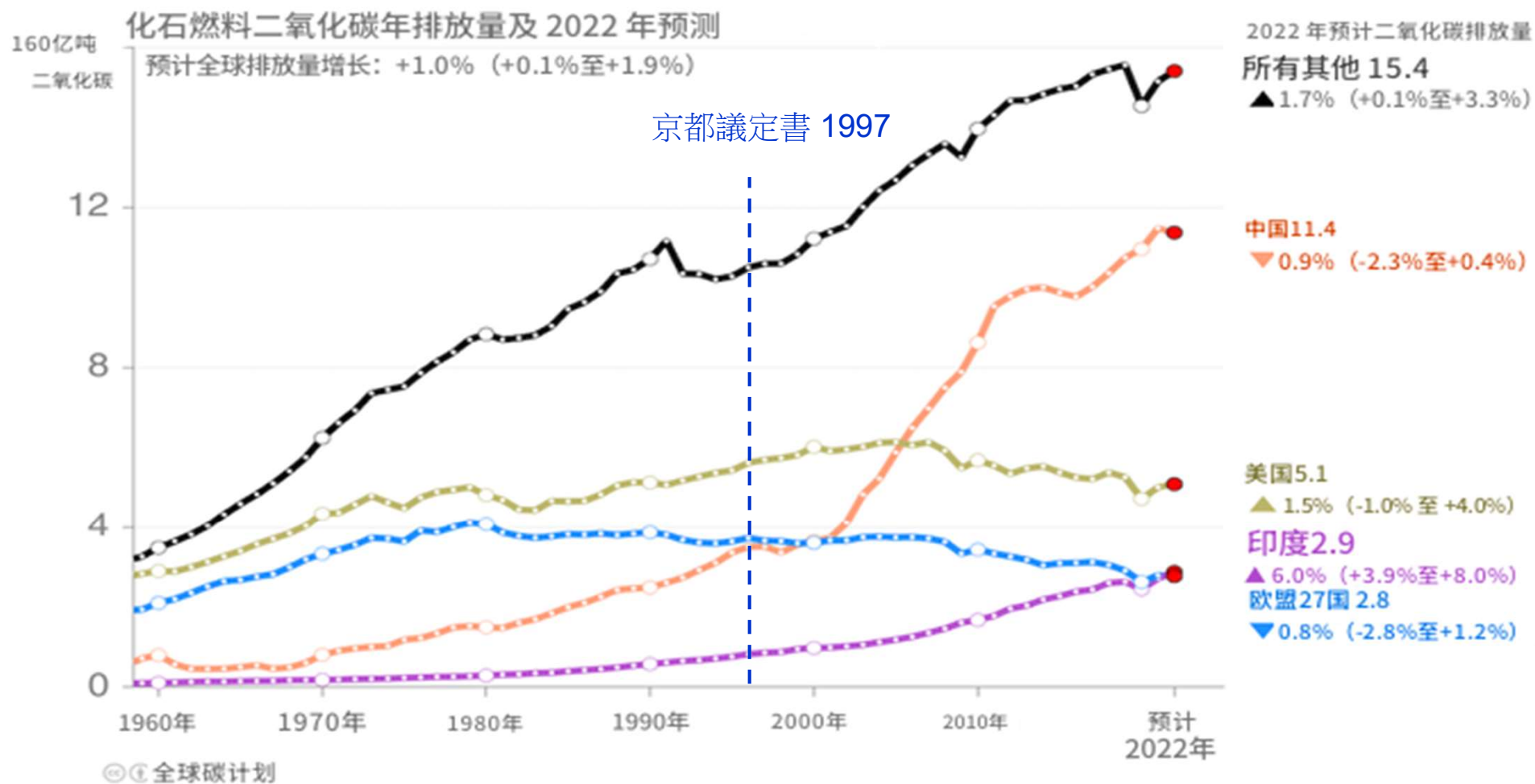
莫纳罗亚天文台的二氧化碳浓度

大气中的 CO₂ 浓度

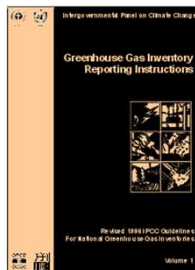
完整记录截至 2023 年 1 月 9 日



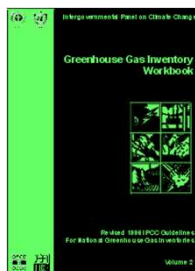
世界碳排放



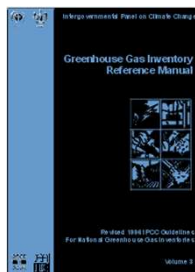
1995年政府間氣候變化專門委員會發出三份指引



報告指引 (第一卷)



工作方法 (第二卷)



參考目錄 (第三卷)

1995 年，聯合國氣候計畫要求發達國家根據三份指引方法每年報告六種行業的排放量

六個主要排放行業 (後來經多次修改)

- 能源
- 工業生產過程
- 溶劑及其產品使用
- 農業
- 改變土地使用及林業
- 廢棄物

單元及工作表舉例－能源

MODULES & WORKSHEETS

1 Energy

1.1	Introduction.....	1-1
	<i>Fuel Combustion - Tier 1</i>	1-1
1.2	CO ₂ Emissions.....	1-1
1.3	Non-CO ₂ Emissions from Fuel Combustion by Source Categories.....	1-15
	<i>Fuel Combustion - Tier 2</i>	1-20
1.4	Emissions from Aircraft.....	1-20
	<i>Fugitive Sources</i>	1-24
1.5	Methane Emissions from Coal Mining and Handling.....	1-24
1.6	Methane Emissions from Oil and Natural Gas Activities.....	1-27
1.7	Ozone Precursors and SO ₂ Emissions from Oil Refining.....	1-31

2 Industrial Processes

2.1	Introduction.....	2-1
2.2	General Methodology.....	2-2
2.3	Cement Production.....	2-3
2.4	Lime Production.....	2-5
2.5	Limestone and Dolomite Use.....	2-6
2.6	Soda Ash Production and Use.....	2-7
2.7	Production and Use of Miscellaneous Mineral Products.....	2-8
2.8	Ammonia Production.....	2-12
2.9	Nitric Acid Production.....	2-15
2.10	Adipic Acid Production.....	2-17
2.11	Carbide Production.....	2-18
2.12	Production of Other Chemicals.....	2-21
2.13	Metal Production.....	2-25
2.14	Pulp and Paper Industries.....	2-38
2.15	Food and Drink.....	2-41
2.16	Production of Halocarbons and Sulphur Hexafluoride.....	2-43
2.17	Consumption of Halocarbons and Sulphur Hexafluoride.....	2-45

能源的方法學

方法學

IPCC的方法學將燃料燃燒所產生的二氧化碳計算方法, 分解成六個步驟

- 步驟一: 估算原單位的表面燃料消耗量
- 步驟二: 轉化為共通的能源單位
- 步驟三: 乘以排放因子來計算碳含量
- 步驟四: 計算碳埋藏
- 步驟五: 將沒有氧化的碳進行修正
- 步驟六: 將氧化碳轉化成二氧化碳排放

排放因子

TABLE 1-2 CARBON EMISSION FACTORS (CEF)	
Fuel	Carbon Emission Factor (t C/TJ)
LIQUID FOSSIL	
<i>Primary fuels</i>	
Crude oil	20.0
Orimulsion	22.0
Natural Gas Liquids	17.2
<i>Secondary fuels/products</i>	
Gasoline	18.9
Jet Kerosene	19.5
Other Kerosene	19.6
Shale Oil	20.0
Gas/Diesel Oil	20.2
Residual Fuel Oil	21.1
LPG	17.2
Ethane	16.8
Naphtha	(20.0) (a)
Bitumen	22.0
Lubricants	(20.0) (a)
Petroleum Coke	27.5
Refinery Feedstocks	(20.0) (a)
Refinery Gas	18.2 (b)
Other Oil	(20.0) (a)
SOLID FOSSIL	
<i>Primary Fuels</i>	
Anthracite	26.8
Coking Coal	25.8
Other Bituminous Coal	25.8
Sub-bituminous Coal	26.2
Lignite	27.6
Oil Shale	29.1
Peat	28.9
<i>Secondary Fuels/Products</i>	

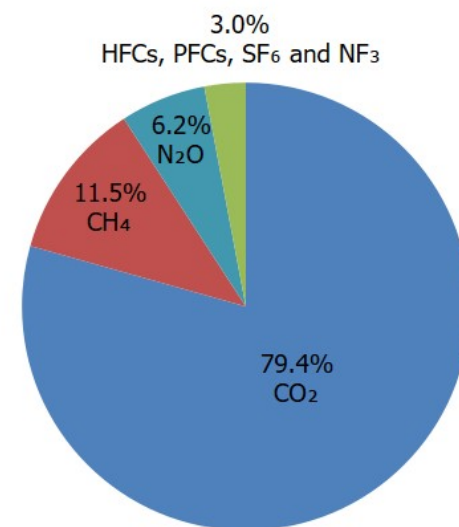
TABLE 1-3 SELECTED NET CALORIFIC VALUES	
	Factors (TJ/10 ³ tonnes)
Refined Petroleum Products	
Gasoline	44.80
Jet Kerosene	44.59
Other Kerosene	44.75
Shale Oil	36.00
Gas/Diesel Oil	43.33
Residual Fuel Oil	40.19
LPG	47.31
Ethane	47.49
Naphtha	45.01
Bitumen	40.19
Lubricants	40.19
Petroleum Coke	31.00
Refinery Feedstocks	44.80
Refinery Gas	48.15
Other Oil Products	40.19
Other Products	
Coal Oils and Tars derived from Coking Coals	28.00
Oil Shale	9.40
Orimulsion	27.50
See the <i>Greenhouse Gas Inventory Reference Manual</i> for sources.	

京都協議

- 京都協議
 - 1997年, 192個國家在日本京都簽署了京都協定
 - 目標: 以1992年作為基礎計算, 到2008年減排二氧化碳百分之5.2
- 所有已發展國家都有減排責任
 - 由工業革命開始超過200年, 已發展國家是主要排放者, 他們有責任解決自己弄出來的困局, 而發展中國家會得到發展上的資助減排

京都協議與溫室氣體排放

- 溫室氣體核算是一個用於衡量和追蹤組織溫室氣體 (GHG) 排放量的方法框架。
- 最初，創建溫室氣體 (GHG) 核算方法的努力主要在國家層面進行。
- 《京都議定書》定義了當今核算方法關注的溫室氣體。
- 這些氣體包括二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、一氧化二氮 (N₂O)、六氟化硫 (SF₆)、三氟化氮 (NF₃)、氫氟碳化物 (HFCs) 和全氟碳化物 (PFCs)。這些行動提高了人們對準確估算溫室氣體排放量重要性的認識。



U.S. Environmental Protection Agency (2023). Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2021

京都協議下的清潔發展機制

CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM

CDM METHODOLOGY BOOKLET

Fourteenth edition
Information updated as of EB 116
December 2022



United Nations
Framework Convention on
Climate Change

清潔發展機制的分類與方法學

Table VI-2. Methodology Categorization other Sectors (continued)

Sectoral scope	Renewable energy	Energy Efficiency	GHG destruction	GHG emission avoidance	Fuel/Feedstock Switch	GHG removal by sinks	Displacement of a more-GHG-intensive output
9 Metal production	AM0082	AM0038 AM0059 AM0066 AM0068 AM0109 AMS-III.V.		AM0030 AM0059 AM0065	AM0082		
10 Fugitive emissions from fuel (solid, oil and gas)			AM0064 AM0122 ACM0008 AMS-III.W.	AM0023 AM0043 AMS-III.BI.	AM0009 AM0037 AM0077	AM0074	AM0009 AM0077
11 Fugitive emissions from production and consumption of halocarbons and SF ₆			AM0001 AM0078 AM0096 AM0111 AMS-III.X.	AM0035 AM0065 AM0079 AM0092 AM0119 AMS-III.X.	AM0071 AM0092 AMS-III.AB.		
12 Solvent use							
13 Waste handling and disposal	ACM0022 AM0112 AMS-III.BJ.	AMS-III.AJ. AMS-III.BA.	AM0073 ACM0001 ACM0010 ACM0014 AMS-III.G. AMS-III.H. AMS-III.AX.	AM0057 AM0080 AM0083 AM0093 AM0112 ACM0022 AMS-III.E. AMS-III.F. AMS-III.I. AMS-III.Y. AMS-III.AF. AMS-III.AO. AMS-III.BE.			

方法學解說

AMS-III.X. Energy efficiency and HFC-134a recovery in residential refrigerators

Typical project(s)	Replacement of existing, functional domestic refrigerators by more-efficient units and recovery/destruction of HFCs from the refrigerant and the foam.
Type of GHG emissions mitigation action	• Energy efficiency; • GHG emission avoidance; • GHG destruction. GHG emission avoidance by re-use of refrigerant or GHG destruction combined with an increase in energy efficiency.
Important conditions under which the methodology is applicable	• Project refrigerants and foam-blowing agents have no ozone depleting potential and a global warming potential lower than 15; • All refrigerator replacements take place within just one year of project start; • Project and baseline refrigerators are electrically driven; • Project refrigerators have an average volume capacity of at least 80% of the baseline refrigerators.
Important parameters	Monitored: • Number of refrigerators distributed and their electricity consumption; • Quantity of HFC reclaimed; • Specific electricity consumption from replaced refrigerators.
BASELINE SCENARIO Use of large amounts of electricity by refrigerators and HFC emissions from the refrigerators.	
PROJECT SCENARIO Use of lower amounts of electricity by refrigerators and reduced HFC emissions from refrigerators.	

溫室氣體盤查議定書

- 由世界可持續發展工商理事會（WBCSD）和世界資源研究所（WRI）於1998年召開



- 使命：

- 通過包容透明的眾多利益相關方流程，為企業制定國際溫室氣體核算和報告標準。



- 溫室氣體核算體系倡議包含兩個模組：

- 企業清單模組
- 溫室氣體減排專案模組

需要制定企業溫室氣體核算和報告的國際標準

- 被企業、非政府組織和政府接受
- 提高一致性、可比性和可信度
- 簡化測量和報告
- 最大限度地降低清單編制成本
- 實現跨境和跨倡議的協調
- 溫室氣體市場通用的構建模組



GREENHOUSE
GAS PROTOCOL

範圍一, 範圍二, 範圍三排放

這術語首次出現在2001年的《溫室氣體議定書》中，如今，三個範圍已成為香港強制性溫室氣體報告的基礎。亦是世界排放計算標準

- 範圍1排放——涵蓋公司直接產生的溫室氣體 (GHG) 排放。
- 範圍2排放——涵蓋公司間接產生的排放，例如，公司購買用於建築物供暖和製冷的電力或能源，這些排放是公司為其生產的。
- 範圍3排放——所有與公司自身無關的排放，但公司在其價值鏈上下游間接負責。例如，從供應商處購買產品，以及客戶使用產品時產生的排放。就排放而言，範圍3幾乎總是最大的排放。



減排的方法

- 污染者自付
- 補貼
- 按金/退款
- 污染稅
- 污染許可證交易－碳信用

污染者自付

- 污染費:根據排污量收取費用，如環保局直接收取的排污稅
- 將環保成本內化，簡單地誰破壞誰負責
- 收取產品污染費
- 排污費

只有單一污染者的減排情況 設定：

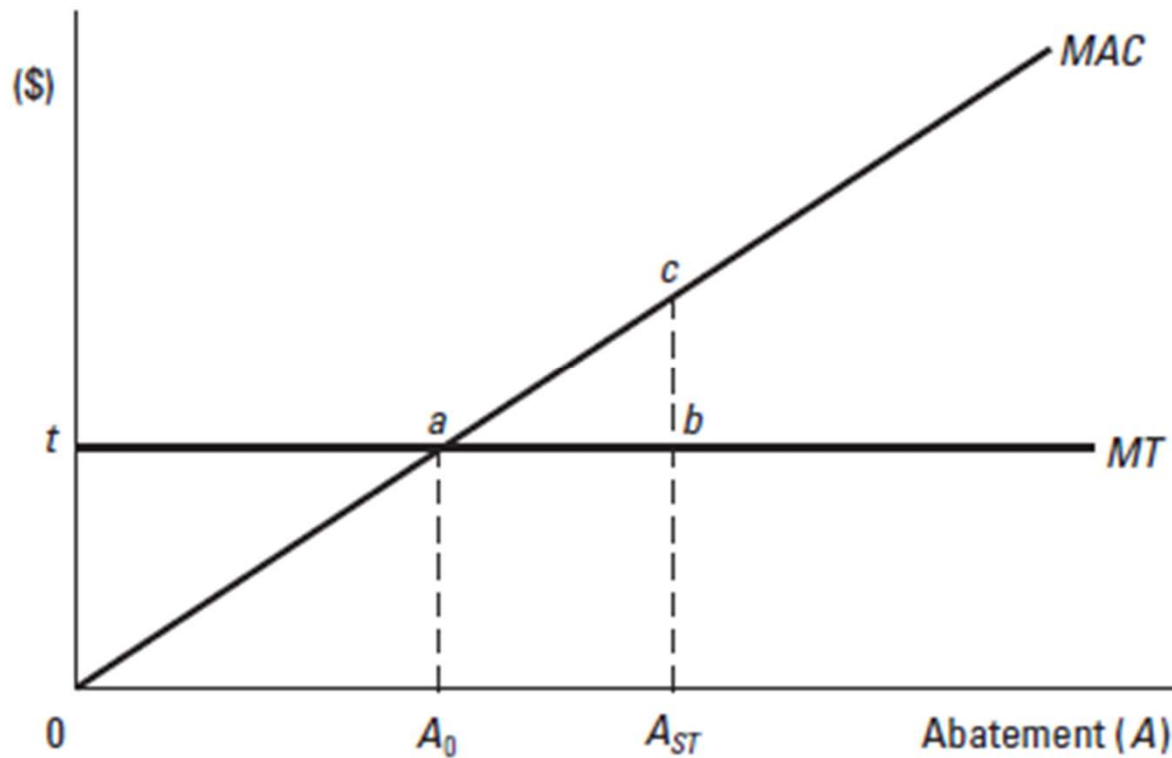
- A_o (existing abatement level) 是原來的減排狀況
- A_{ST} (acceptable level) 是可接受的減排標準
- MAC (Marginal Abatement cost) 邊際減排成本
- MT (Marginal Tax) 邊際污染稅
- t (tax) 每單位污染稅

在一般情況下, 如每單位的污染稅不會遞增, 即邊際污染稅不會隨污染量而上升, 單一污染者需付的續污染稅是:

$$t(A_{ST} - A_o)$$

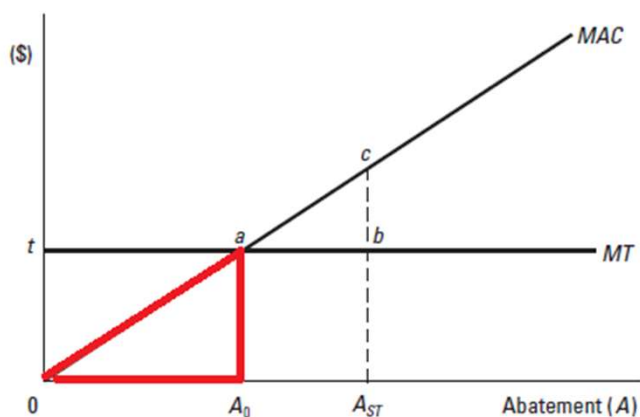
邊際污染稅

- 在絕大部分情況下, 企業的邊際減排成本會隨減排量而上升, 但邊際減排稅不會因排放量而遞增, 以下是減排支出的模型

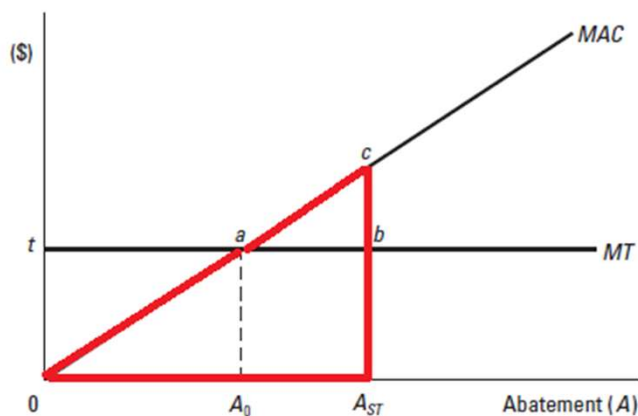


三個不同情況

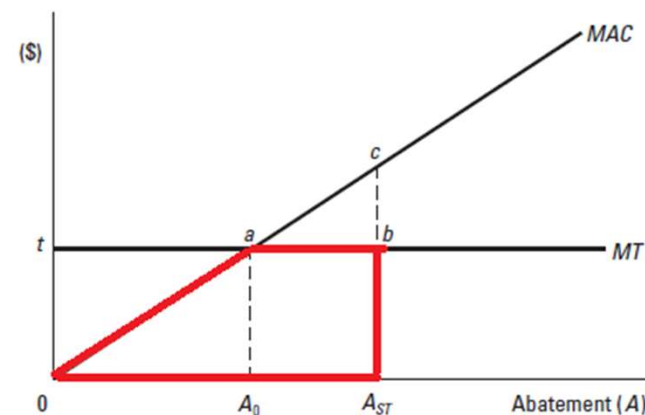
企業原本所需的減排費用



如政府要求企業額外減排,
企業因邊際減排成本增加
而需要付出的總費用

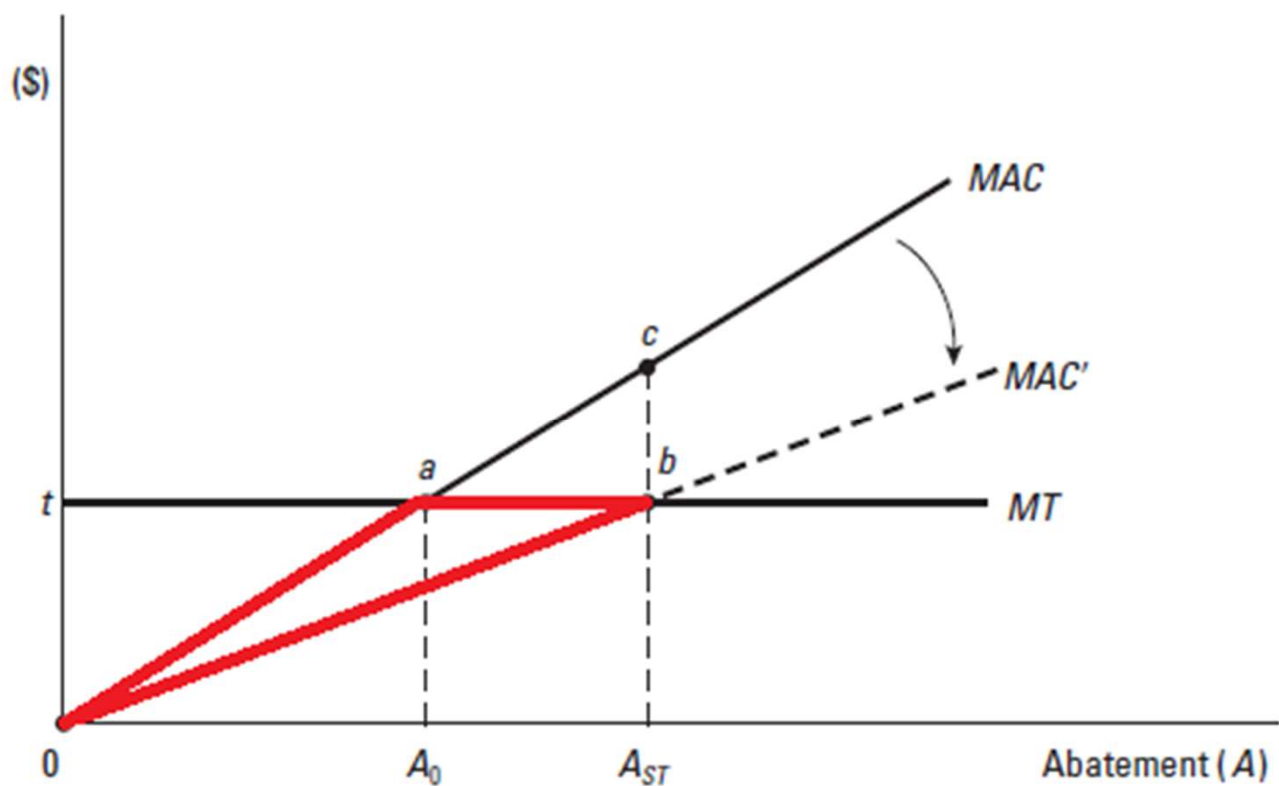


企業不選擇主動減排, 選
擇付稅代替減排的總開
支, 所以自我減排只會到
達 $MAC=MT$, 便會停止



減排技術的進步

如減排技術進步, 邊際減排成本會隨之減少

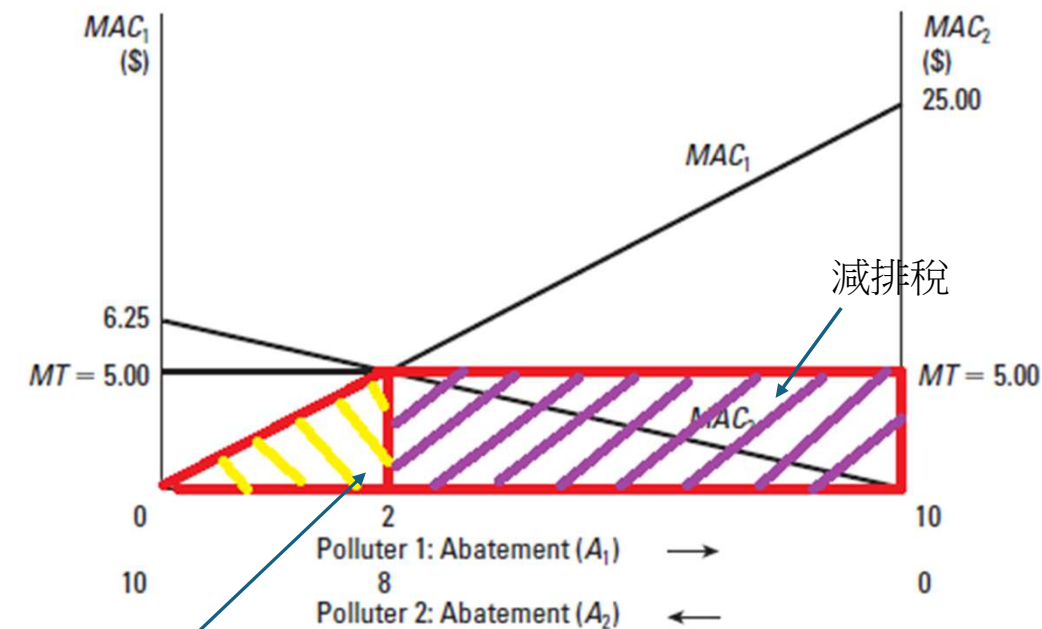


兩個污染者的情況

假設政府要求總減排10個單位, 即 $A_{ST}=10$

- 污染者甲的邊際減排成本 (MAC_1): $(MAC_1) = 2.5A_1$
- 污染者甲的總減排成本(TAC_1): $(TAC_1) = 1.25(A_1)^2$
- 污染者乙的邊際減排成本 (MAC_2): $(MAC_2) = 0.625A_2$
- 污染者乙的總減排成本(TAC_2): $(TAC_2) = 0.3125(A_2)^2$
- A_1 是污染者甲的減排量, A_2 是污染者乙的減排量
- 假設政府所抽的總減排稅, 不論污染者多少, 都是一樣: $t(A_{ST}- A_0)$, 政府所收的總減排稅, 將會是 $t(10- A_0)$, 又假設每單位的稅項 $t = \$5$, 政府從兩個污染者收獲的總減排稅應是: $\$5(10- A_0)$

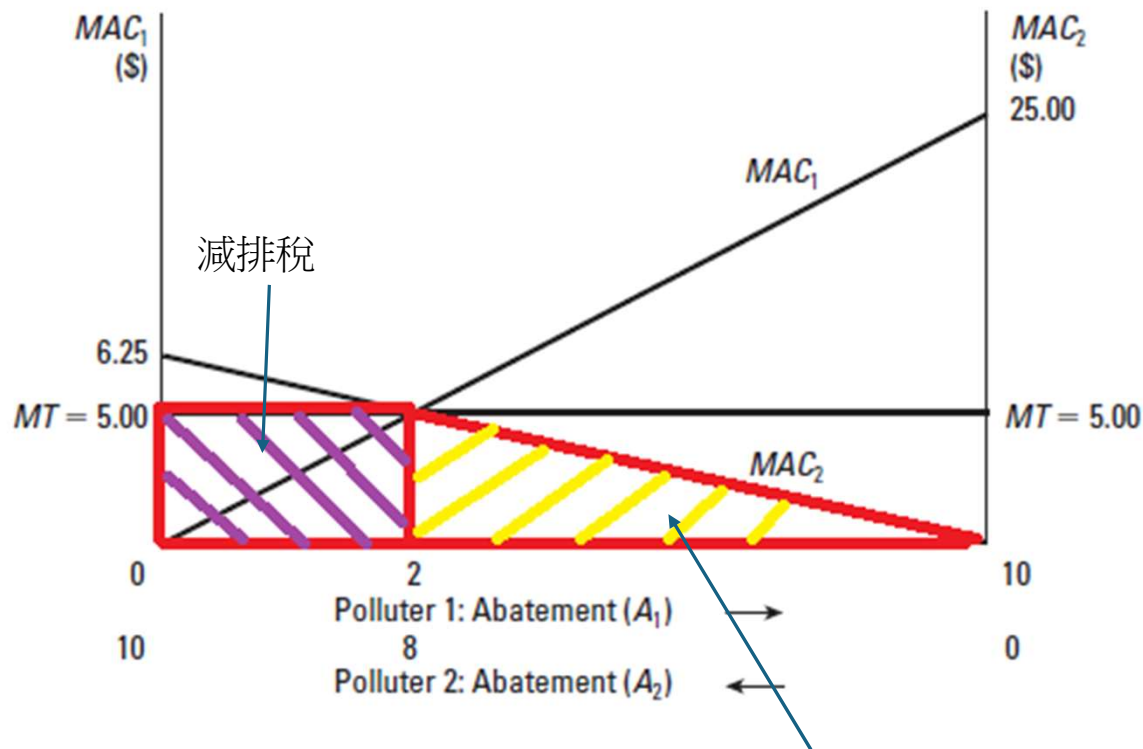
污染者甲的理性選擇



污染者甲的理性選擇, 是自我減排 $MAC_1 = MT$ 時, 就會停止減排, 以付稅代替餘下減排:

- 減排到 $MAC_1 = MT$: $2.5 (A_1) = \$5$, $A_1 = 2$
- 總減排成本 = $TAC_1 = 1.25 (2)^2 = 5$
- 總稅收 = $5(10-2) = \$40$

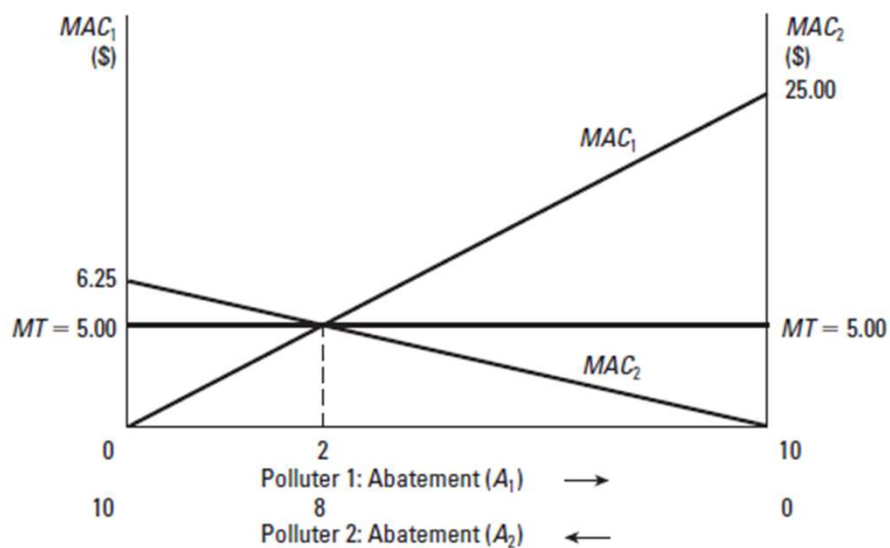
污染者乙的理性選擇



污染者乙的理性選擇, 是自我減排 $MAC_2 = MT$ 時, 就會停止減排, 以付稅代替餘下減排:

- 減排到 $MAC_2 = MT$: $0.625 (A_2) = \$5$, $A_2 = 8$
- 總減排成本 = $TAC_2 = 0.3125(8)^2 = \$20$
- 總稅收 = $5(10 - 8) = \$10$

自我減排成本



Pollutor 1									
Abatement (Units)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAC1	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5
TAC1	1.25	5	11.25	20	31.25	45	61.25	80	101.25
Total tax	45	40	35	30	25	20	15	10	5
Total Tax plus abatement	46.25	45	46.25	50	56.25	65	76.25	90	106.25
Pollutor 2									
Abatement (Units)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
MAC2	5.625	5	4.375	3.75	3.125	2.5	1.875	1.25	0.625
TAC2	25.3125	20	15.3125	11.25	7.8125	5	2.8125	1.25	0.3125
Total tax	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Total Tax plus abatement	30.3125	30	30.3125	31.25	32.8125	35	37.8125	41.25	45.3125
Total abatement cost	26.5625	25	26.5625	31.25	39.0625	50	64.0625	81.25	101.5625
Total tax cost	50	50	50	50	50	50	50	50	50

整個地區的共同減排

- 總減排量 = 10 = AST
- 總減排費用 = \$25
- 總稅付 = \$50

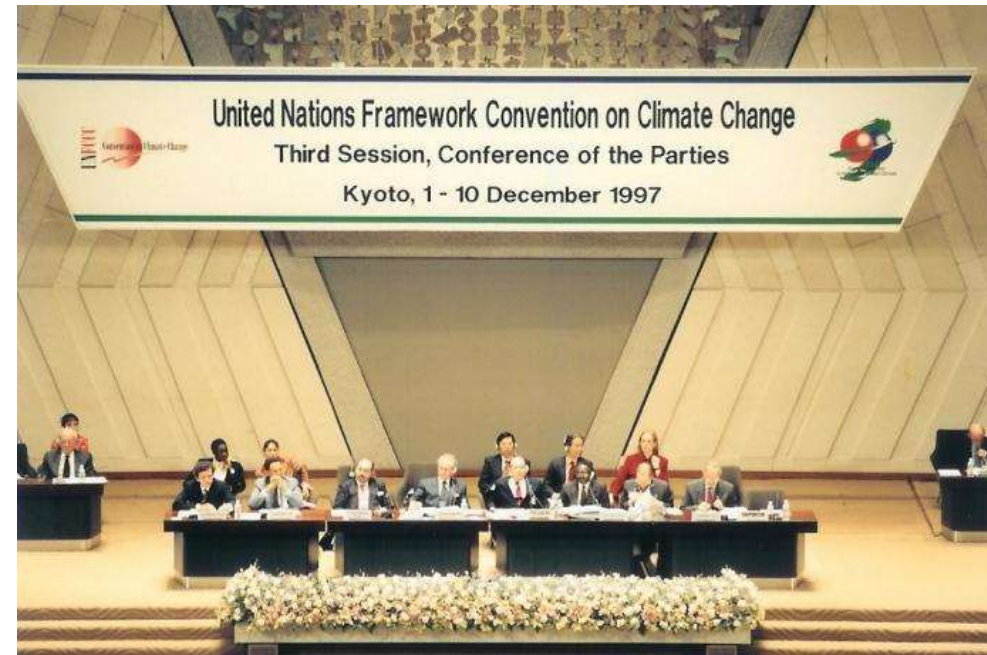
在減排量10個單位的情況下,兩位污染者各自需要承擔5個單位

Pollutor 1									
Abatement (Units)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAC1	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5
TAC1	1.25	5	11.25	20	31.25	45	61.25	80	101.25
Total tax	45	40	35	30	25	20	15	10	5
Total Tax plus abatement	46.25	45	46.25	50	56.25	65	76.25	90	106.25
Pollutor 2									
Abatement (Units)	9	8	7	6	5	4	3	2	1
MAC2	5.625	5	4.375	3.75	3.125	2.5	1.875	1.25	0.625
TAC2	25.3125	20	15.3125	11.25	7.8125	5	2.8125	1.25	0.3125
Total tax	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Total Tax plus abatement	30.3125	30	30.3125	31.25	32.8125	35	37.8125	41.25	45.3125
Total abatement cost	26.5625	25	26.5625	31.25	39.0625	50	64.0625	81.25	101.5625
Total tax cost	50	50	50	50	50	50	50	50	50

- 污染者甲如果只自我減排2單位, 及付稅8單位, 總成本是 \$ 45
- 污染者甲如果自我減排5單位以滿足政府要求, 總成本是 $\$31.25 + \$25 = \$56.25$
- 污染者乙無論如何減排8單位, 就可滿足政府要求及達到最低成本
- 污染者乙可賣出額外減排的3單位給污染者甲, 只要價錢少於 $\$56.25 - \$45 = \$11.25$, 污染者甲理論上會向乙購買減排單位來達到減排要求

京都協議建立的碳信用機制

- 國際排放交易 (IET) -- 該機制允許各國相互交易排放許可（分配數量單位 - AAU）。
- 清潔發展機制 (CDM) -- 工業化國家可以投資發展中國家的減排項目，並獲得這些項目的信用額（經核證的減排量 - CER），這些信用額可用於實現自己的減排目標。
- 合作實施 (JI) -- 工業化國家可以投資其他工業化國家的減排項目並獲得信用額度（減排單位 - ERU）。



巴黎協議

巴黎協定內容，到底是什麼？

預定 目標

控制地球氣候變遷從工業時代至今，
不超過2°C為底線，並朝1.5°C努力

氣候 融資

富裕國家允諾在2020年前每年提撥1000
億美元，協助開發中國家對抗全球暖化

關鍵 時程

協定共32頁，29條內文。2015年
12月12日發表，2016年4月至2017
年4月簽署，2020年生效

責任 分攤

目前已有185國繳交INDC
(自願減量計畫)，涵蓋全球
98%排碳量

生效 門檻

要有碳排放量占全球55%之55國以上同意

定期 管考

每五年定期檢討，2023年開始第一次
減碳成績檢討

自願減排市場

- 強制市場是受監管的封閉系統，參與者由政府決定，參與者以配額或許可證進行交易，從而允許他們排放溫室氣體 (GHG)。
- 在自願碳市場上，專案開發商和自願購買碳信用額以抵消其環境損害的公司之間進行碳信用額（通常稱為抵消）交易。
- 自願減排市場以清潔機制 (CDM) 發展出來的二百多個方法學為基礎，在民間進行互相交易。



碳信用交－強制市場2024

地區	最高價	最低價	平均價	價差
歐洲 (歐幣/噸)	76.67	52.51	66.47	22%
中國 (人民幣/噸)	105.65	69.67	91.81	44%

中國已成立強制碳信用市場

- 中國在1997年《京都議定書》下並未承諾減少碳排放。
- 最初，中國通過加入清潔發展機制參與了碳排放交易。他們開發綠色專案，並將碳信用額出售給歐洲國家。
- 2011年，中國在履行《巴黎協定》承諾之前啟動了強制性的碳排放限額與交易體系。
- 2013-2014，年七個省份已開始建立碳交易所。
- 中國於2013年開始啟動碳排放限額與交易體系，來自20個行業的3000多家大型企業，包括電力、鋼鐵、水泥等，已在限額與交易體系下合法化。

由七個省份擴展到全國,並成立自願碳市場

- 中國於2017年正式啟動全國碳排放限額與交易專案
- 整個線上交易系統於2020年建成
- 2015年，中國利用清潔發展機制（CDM）的方法論，建立了自己的自願碳信用額度體系
- 大多數受強制實施限額與交易制度的企業可以從自願系統購買不超過5-10%的碳排放以抵消其排放量

自願碳市場的起伏不定

- 國家發展和改革委員會已於2017年關閉自願市場，並停止使用碳排放計算方法，以清理欺詐和混亂的市場。
- 政府將於2024年1月重新開放自願市場，而不是繼續使用200多種方法，迄今為止，政府僅批准了4種方法（主要與林業專案有關）

碳信用(carbon credit) - 二種型態

強制性碳市場

(compliance/mandatory carbon market)

由國家或地方政府的總量管制下(Cap and Trade)，設定企業可以排放碳的權利或容許額度。



碳權 → 碳排放額度

碳信用(carbon credit)

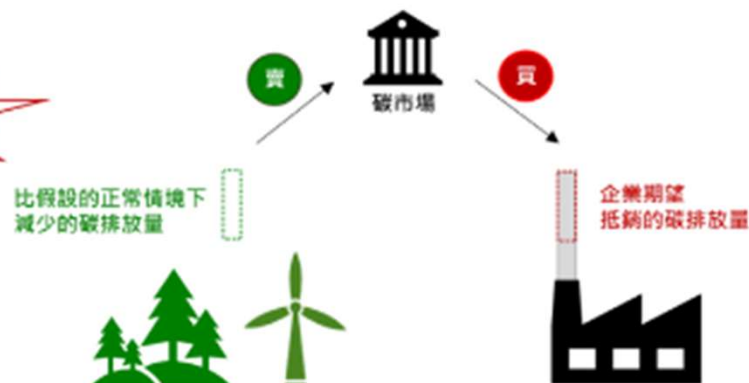
不同邏輯

不同商品

自願性碳市場

(voluntary carbon market)

由國際、國家、地方或民營機構，透過不同機制，取得之自願減量額度(VCS)。

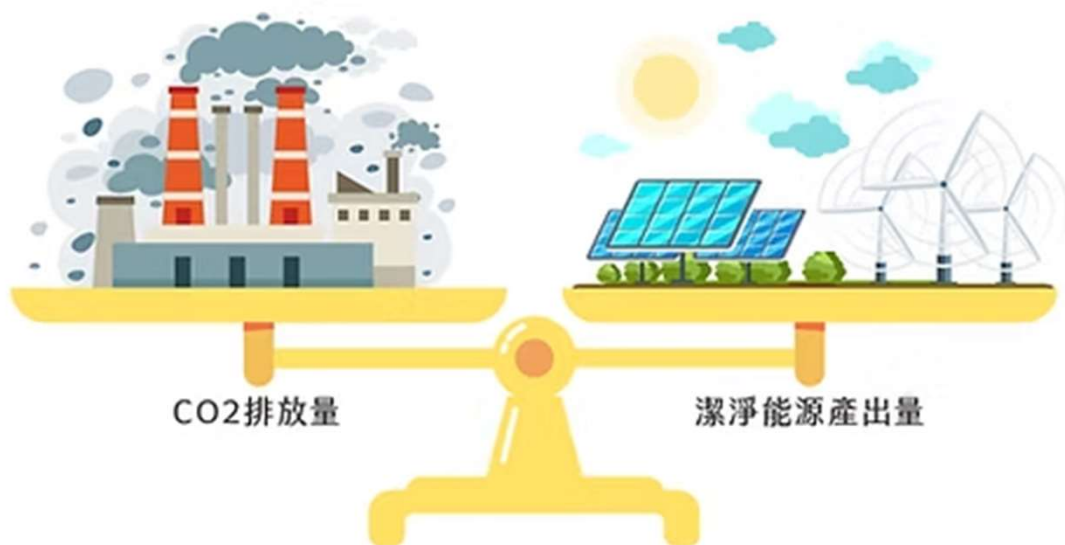


碳權 → 自願減量額度(VCS)

碳抵換(carbon offset)

碳中和

一個國家或企業把**人為額外的**碳排放量，
以**節能方式**清除，或運用**碳交易**取得碳權抵換。



二氧化碳排放量**正負抵銷**

只要在計算上
我們能達到總
排放為零，正負
抵銷，我們就形
容為碳中和

碳中和與零排放

	碳中和	零排放
定義	特定時間內,碳排放量與碳清除量相等,無增無減,就達到碳中和	特定時間內,全球人為造成的溫室氣體排放量,扣除人為移除量等於零
計算氣體種類	二氧化碳排放量	所有人為造成的溫室氣體排放量
基本分別	1. 僅關注二氧化碳 2. 納入自身行為及使用電力的碳排放量 3. 可用減排成果產生的碳權來進行碳抵銷 4. 聚焦在產品,行為及企業 5. 短期的過渡目標	1. 關注所有溫室氣體和甲烷 2. 納入所有相關聯排放量 3. 需要以碳匯來去除溫室氣體 4. 層面延伸及國家及全球範圍 5. 長遠的終極目標